

中島 研吾

東京大学情報基盤センター
教授

自動チューニング機構を有するアプリケーション開発・実行環境

§ 1. 研究実施体制

(1) 中島グループ

- ① 研究代表者: 中島 研吾 (東京大学情報基盤センター, 教授)
- ② 研究項目: 自動チューニング機構を有するポストペタスケールアプリケーション開発・実行環境のための基盤ソフトウェア
 - ppOpen-HPC の基本設計
 - ppOpen-MATH の研究開発
 - ppOpen-AT の研究開発
 - ppOpen-SYS の研究開発

(2) 佐藤グループ

- ① 主たる共同研究者: 佐藤 正樹 (東京大学大気海洋研究所, 教授)
- ② 研究項目: ポストペタスケールアプリケーション連成機構
 - ppOpen-HPC の基本設計
 - ppOpen-APPL/FVM の研究開発
 - ppOpen-MATH/MP の研究開発

(3) 古村グループ

- ① 主たる共同研究者: 古村 孝志 (東京大学大学院情報学環, 教授)
- ② 研究項目: 差分法に基づくポストペタスケールアプリケーション開発環境
 - ppOpen-APPL/FDM の研究開発

(4) 奥田グループ

① 主たる共同研究者: 奥田 洋司 (東京大学大学院新領域創成科学研究科, 教授)

② 研究項目: 有限要素法に基づくポストペタスケールアプリケーション開発環境

- ppOpen-APPL/FEM の研究開発
- 混合精度演算手法に関する研究

(5) 岩下グループ

① 主たる共同研究者: 岩下 武史 (京都大学学術情報メディアセンター, 准教授)

② 研究項目: 境界要素法に基づくポストペタスケールアプリケーション開発環境

- ppOpen-APPL/BEM の研究開発

(6) 阪口グループ

① 主たる共同研究者: 阪口 秀 ((独)海洋研究開発機構, プログラムディレクター)

② 研究項目: 個別要素法に基づくポストペタスケールアプリケーション開発環境

- ppOpen-APPL/DEM の研究開発
- 通信削減アルゴリズムの研究開発

§ 2. 研究実施の概要

本プロジェクトでは、メニーコアクラスタによるポストペタスケールシステム上での科学技術アプリケーションの効率的開発、安定な実行に資する ppOpen-HPC の研究開発を計算科学、計算機科学、数理学各分野の緊密な協力のもとに実施している。大規模シミュレーションに適した 5 種の離散化手法 (FEM, FDM, FVM, BEM, DEM) に限定し、各手法の特性に基づいたアプリケーション開発用ライブラリ群、実行環境を実現している。

本年度は昨年度に引き続いて各機能の最適化、機能追加、Intel Xeon/Phi 等メニーコア向けバージョン開発、実アプリケーションへの適用による検証を実施中である。開発したソフトウェアはプロジェクトホームページ (<http://ppopenhpc.cc.u-tokyo.ac.jp/>) より英文による附属資料とともにオープンソースとして公開中である。平成 26 年 11 月公開の最新版 (Ver.0.3.0) では以下に示す 3 機能を新たに公開した:

- ppOpen-APPL/AMR-FDM (AMR 機能付き差分法ライブラリ) (図 1)
- HACApK (H マトリクス計算ライブラリ) (図 2)
- ppOpen-APPL/DEM ユーティリティ

後述する連成シミュレーションをより円滑に実施するため、ppOpen-APPL の各ライブラリの変数名、関数名に対して統一した命名規則を適用した。ppOpen-APPL は主として Fortran によって開発されているが、より多くの利用者への普及を考慮して、本年度はこれらを C 言語から呼び出すためのインタフェースの整備も進めている。

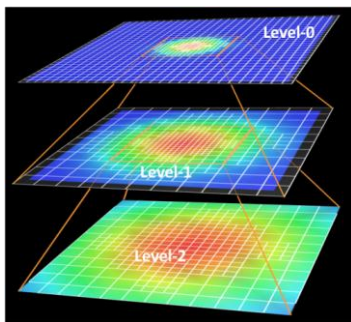


図 1 ppOpen-APPL/AMR-FDM の計算モデル

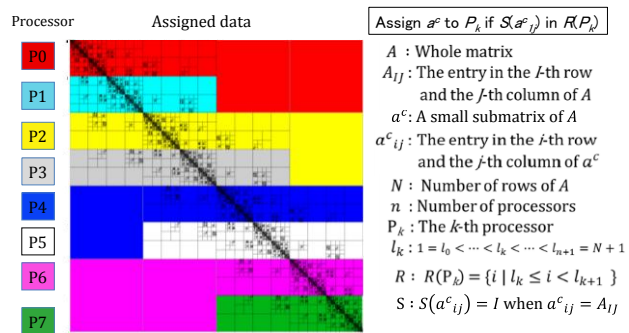


図 2 H マトリクスの概要

ppOpen-AT は、自動チューニング (AT) のための指示行 (directive) ベースの計算機言語である。昨年度までに開発された機能を差分法による地震時強震動シミュレーションコード Seism3D フルコードに対して適用し、Intel Xeon/Phi 8 ノードで 50% の性能向上を得た (図 3)。

ppOpen-MATH/MP は異なる離散化手法を持つ複数のモデルを結合し、大規模データ転送、データ変換を実施する弱連成カップリングツールである。平成 25 年度～26 年度にかけて、ppOpen-MATH/MP を使用した、地震動 + 構造物詳細モデル応答連成シミュレーションを

ppOpen-APPL/FDM, ppOpen-APPL/FEM によって実施した。2014 年 11 月末には Fujitsu PRIMEHPC FX10 の 4,560 ノードを使用した大規模シミュレーションを実施した(図 4)。

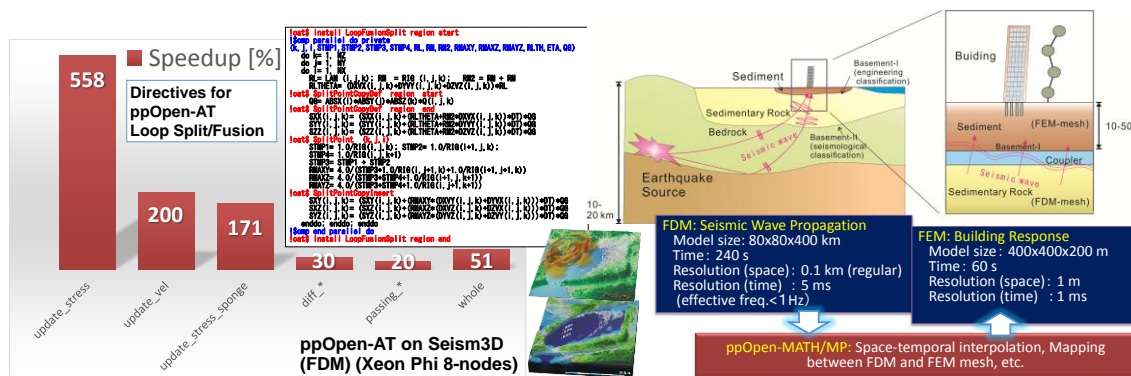


図 3 ppOpen-AT によるプログラム例, Seism3D 速度向上例

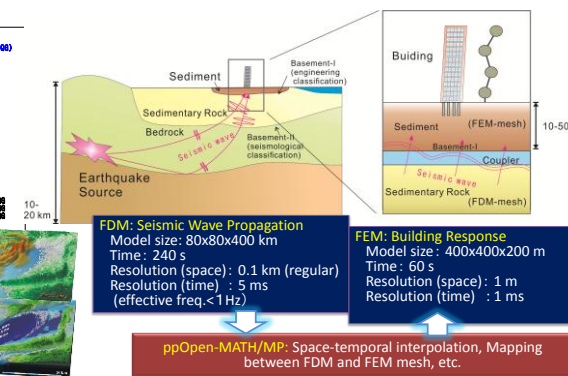


図 4 ppOpen-MATH/MP による連成地震シミュレーションの概要

多重格子法ソルバーである ppOpen-MATH/MG については、通信削減型アルゴリズム *hCGA* (Hierarchical Coarse Grid Aggregation) の導入によって Fujitsu FX10 の 4,096 ノードにおいて最大 6 倍の性能向上を実現した。成果をまとめた論文は 20th IEEE International Conference for Parallel and Distributed Systems (ICPADS 2014) において Best Paper Award を受賞した。

ppOpen-HPC 普及のために、国内外の計算科学・工学分野の研究者と協力して、大規模シミュレーションコードに ppOpen-HPC の機能を適用する取組を継続して実施している。また、大学院、学部の講義・演習・全学ゼミの教材としての導入の他、スーパーコンピュータによる実習付きの講習会も実施している。

【代表的な原著論文】

- [1] Futoshi Mori, Masaharu Matsumoto, Takashi Furumura, Performance of the FDM simulation of Seismic Wave Propagation using the ppOpen-APPL/FDM library on Intel Xeon Phi Coprocessor, Proceedings of 11th International Meeting High Performance Computing for Computational Science (VECPAR 2014), Eugene Oregon USA, 2014
- [2] Ida A., Iwashita T., Mifune T. and Takahashi Y., Parallel Hierarchical Matrices with Adaptive Cross Approximation on Symmetric Multiprocessing Clusters, Journal of Information Processing 22, 642-650, 2014 (DOI:10.2197/ipsjip.22.642)
- [3] Nakajima, K., Optimization of Serial and Parallel Communications for Parallel Geometric Multigrid Method, Proceedings of the 20th IEEE International Conference for Parallel and Distributed Systems (ICPADS 2014), 25-32, Hsin-Chu, Taiwan, 2014